บทที่ 5

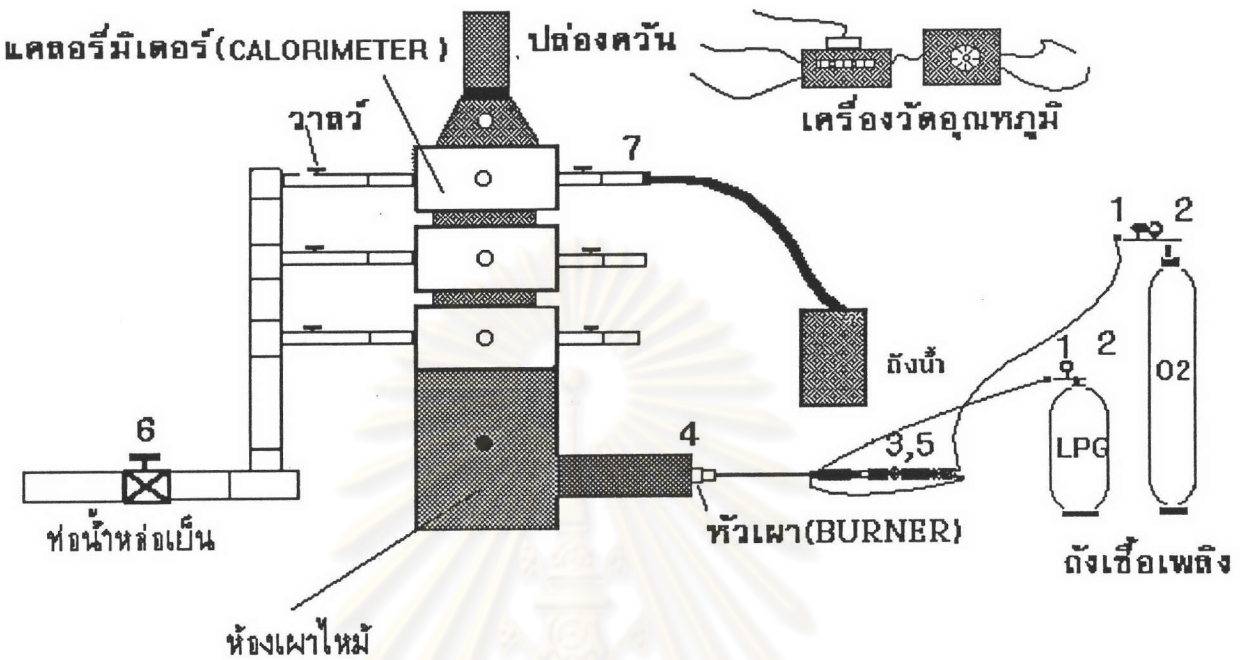
เครื่องมือทดลอง

<u>ลักษณะของเครื่องมือทดลอง</u>

เครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองประกอบด้วยส่วนสำคัญดังต่อไปนี้คือ ท่อไฟ, ห้องเผาไหม้ และผนังวัตถุทนไฟ, ปล่องไฟ, ระบบหล่อเย็น และระบบเครื่องมือวัด ซึ่งเครื่องมือทดลองนี้จะใช้ศึกษากระบวนการถ่ายเทความร้อนในระบบได้จริงในห้องทดลอง

ในงานวิจัยครั้งนี้จะป้อนออกซิเจนบริสุทธิ์ที่บรรจุอยู่ในถังแทนการป้อนอากาศเข้าห้องเผาไหม้เพื่อสันดาปกับเชื้อเพลิงทั้งนี้เพราะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์และก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ก็จะสะอาดยิ่งขึ้น และออกซิเจนก็ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความชื้นเหมือนกรณีใช้อากาศจากบรรยากาศ อีกประการเนื่องจากออกซิเจนบรรจุอยู่ในถังทำให้สะดวกในการวัดหาค่าอัตราการไหลได้ง่าย คือเพียงแค่ชั่งน้ำหนักหามวลของออกซิเจนที่หายไปหารด้วยเวลาที่ใช้ไปเท่านั้น รายละเอียดของเครื่องมือทดลองทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ (5.1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ (5.1) ลักษณะทั่วไปของเครื่องมือทดลอง

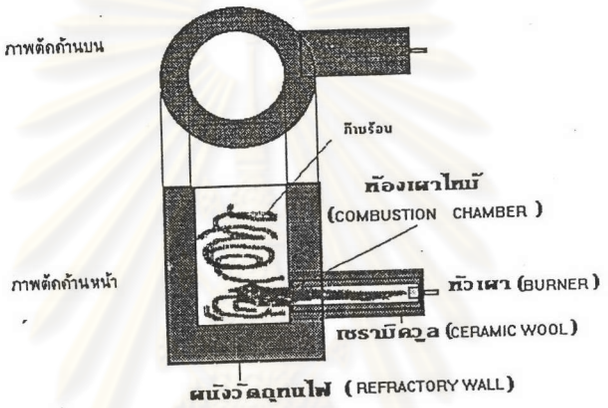
การสร้างเครื่องมือทดลองจะแยกออกเป็นส่วน ๆดังนี้

1 ท่อไฟ

ท่อไฟจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซม. ซึ่งทำได้โดยนำเอาเหล็กแผ่นที่มีความหนา 0.6 ซม. และยาว 115 ซม. มาม้วนตามขนาดในแบบ ภาคผนวก (ง) และทำการเชื่อมแนวและบริเวณรอบนอกของท่อไฟจะปิดล้อมด้วยท่อรูปทรงกระบอก อีกขนาดซ้อนร่วมแกนเดียวกัน ท่อรอบนอกดังกล่าวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ซม. และยาว 35 ซม.โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ที่มีขนาดเท่า ๆกัน ในแต่ละส่วนจะวางห่างกัน 5 ซม. และจะมีน้ำหล่อเย็นไหลรอบ ๆ ในพื้นที่วงแหวนในแต่ละส่วนดังกล่าวเรียกว่า แคลอรี่มิเตอร์(Calorimeter)

2 ห้องเผาไหม้และผนังวัตถุทนไฟ

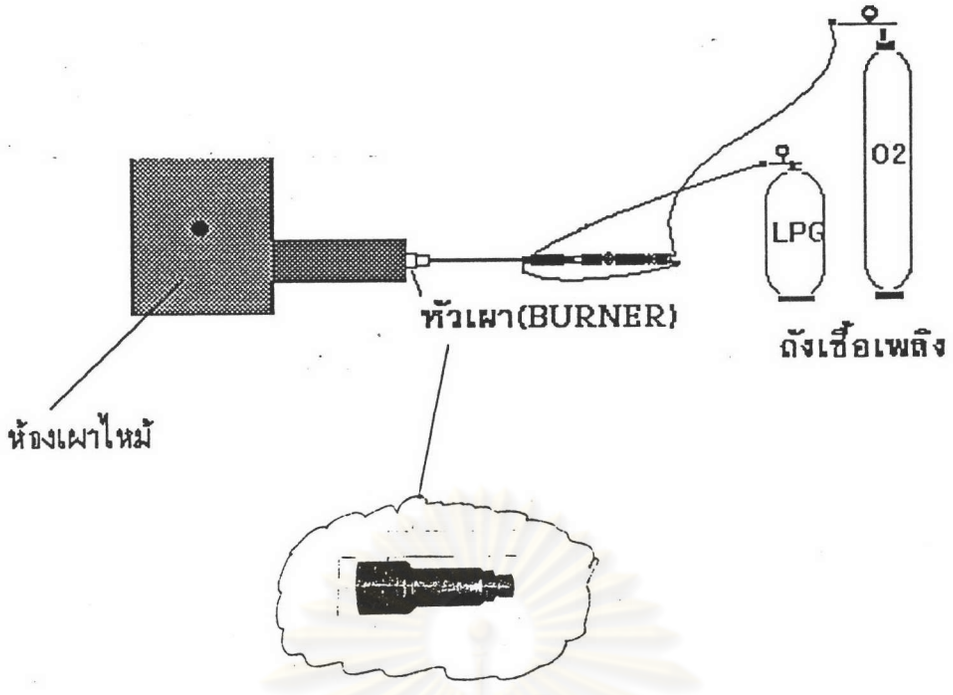
ห้องเผาไหม้และผนังวัตถุทนไฟ จะต่ออยู่ส่วนล่างของท่อไฟ ผนังวัตถุทนไฟจะหล่อด้วยคอนกรีตทนไฟเบอร์ 13 มีความหนาของผนัง 10 ซม. สำหรับส่วนของห้องเผาไหม้จะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกวางในแนวนอนเชื่อมติดอยู่กับผนังวัตถุทนไฟห้องเผาไหม้จะมีฉนวนหุ้มป้องกันความร้อนสูญเสีย และจะมีหัวเผาไฟติดตั้งอยู่ตรงปลายดังแสดงในรูปที่ (5.2)



รูปที่ (5.2) ห้องเผาไหม้และผนังวัตถุทนไฟ

3 หัวเผา (burner)

ในงานวิจัยครั้งนี้ออกแบบให้ระบบผลิตพลังงานความร้อนสูงสุดประมาณ 50 KW และได้เลือกหัวเผาชนิดที่ผลิตพลังงานความร้อนได้สูงสุด 72 KW หัวเผาไฟที่ใช้เป็นยี่ห้อ Comet 3 รุ่น 307024 ขนาด 36x12 HT ชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้คือ ก๊าซ LPG ซึ่งใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ช่วยในกระบวนการเผาไหม้หัวเผาจะติดตั้งในแนวนอนในส่วนของห้องเผาไหม้หัวเผา ดังกล่าวสามารถปรับอัตราการไหลของเชื้อเพลิงคือก๊าซ LPG และออกซิเจน ได้ที่วาลว์ปรับอัตราการไหล ลักษณะระบบหัวเผาดังแสดงในรูปที่ (5.3)



รูปที่ (5.3) แสดงส่วนประกอบของหัวเผา

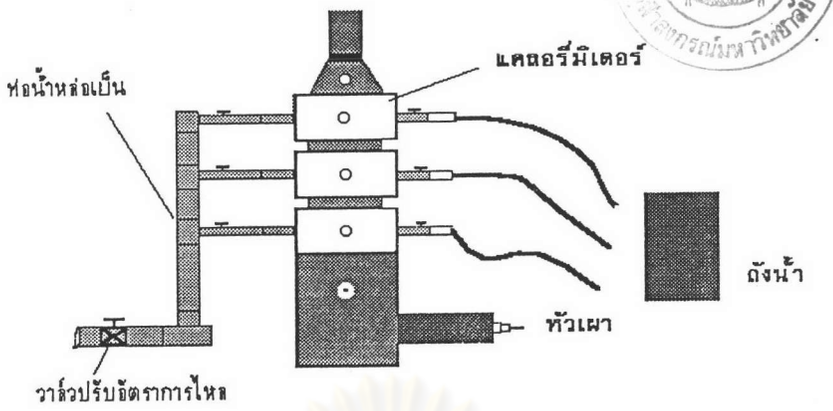
4 ปล่องไฟ

ปล่องไฟซึ่งจะอยู่ส่วนบนสุดของท่อไฟ ก๊าซไอเสียหลังจากผ่านจากส่วนของการทดสอบ (test scetion) ก็จะรวมตัวปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศที่ปล่องไฟนี้

ลักษณะปล่องไฟมีดังนี้คือที่ฐานของปล่องไฟจะมีรูปร่างทรงกรวยซึ่งหล่อขึ้นจากคอนกรีตทนไฟตัวปล่องไฟจะทำจากเหล็กแผ่นม้วนเป็นรูปโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม.และสูง 30 ซม.

5 ระบบหล่อเย็น

ระบบหล่อเย็นจะประกอบไปด้วยถังเก็บน้ำ, ระบบท่อน้ำ และส่วนของแคลอรี่มิเตอร์ซึ่งมีน้ำหล่อเย็นไหลรอบ ๆ จะมีวาลว์ปรับอัตราการไหลของน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆระบบน้ำหล่อเย็น ดังแสดงในรูปที่ (5.4)



รูปที่ (5.4) ระบบน้ำหล่อเย็น

ระบบวัดอุณหภูมิ

จะทำการวัดอุณหภูมิตำแหน่งต่างของระบบเตา จะใช้เครื่องมือเทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) ในการวัดโดยสามารถวัดอุณหภูมิซึ่งอยู่ในช่วง 1-1200 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปลายด้านหนึ่งสัมผัสกับผิวของวัตถุในตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลข (Digital Display) ของบริษัท RIKAKOGYO รุ่น DP-2 ซึ่งมีความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่ง ทั้งยังมีช่องสำหรับต่อสายเทอร์โมคัปเปิ้ลได้พร้อมกันหัวจุด ทำให้สามารถเลือกวัดค่าอุณหภูมิได้ 5 จุด โดยการกดปุ่มที่หน้าปัทม์ของเครื่องอ่านอุณหภูมิ เนื่องจากตำแหน่งที่ต้องการวัดอุณหภูมิมีมากกว่า 6 จุด ดังนั้นจึงต้องใช้ Selector Switch ของบริษัท RIKAKOCYO รุ่น sp-3 ทำให้สามารถเลือกวัดค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ได้ตามต้องการโดยการกดปุ่มที่หน้าปัทม์ของเครื่องอ่านอุณหภูมิ และของ Selector Switch ซึ่งค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ต้องการวัดและตำแหน่งที่ต่อสายเทอร์โมคัปเปิ้ลเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1 อุณหภูมิของก๊าซร้อนภายในระบบเตา

T_G คืออุณหภูมิของก๊าซร้อนที่จุดกึ่งกลางของท่อไฟและห้องเผาไหม้โดยแสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิดังรูปที่ (5.6) โดยจะต่อเทอร์โมคัปเปิ้ลวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

ตำแหน่งที่ 5 วัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนในบริเวณห้องเผาไหม้

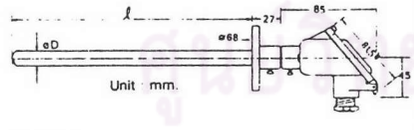
ตำแหน่งที่ 4 วัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนในท่อไฟ

ตำแหน่งที่ 3 วัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนในท่อไฟ

ตำแหน่งที่ 2 วัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนในท่อไฟ

ตำแหน่งที่ 1 วัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียในปล่องไฟ

โดยที่ตำแหน่งที่ 5 วัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนในบริเวณห้องเผาไหม้ ซึ่งใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิดเครุ่น JB-35 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 ม.ม. และขนาดความยาวของปลอก 500 ม.ม. วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 1200 องศาเซนเซียส โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิ้ลรุ่นนี้ดังแสดงในรูปที่ (5.5)



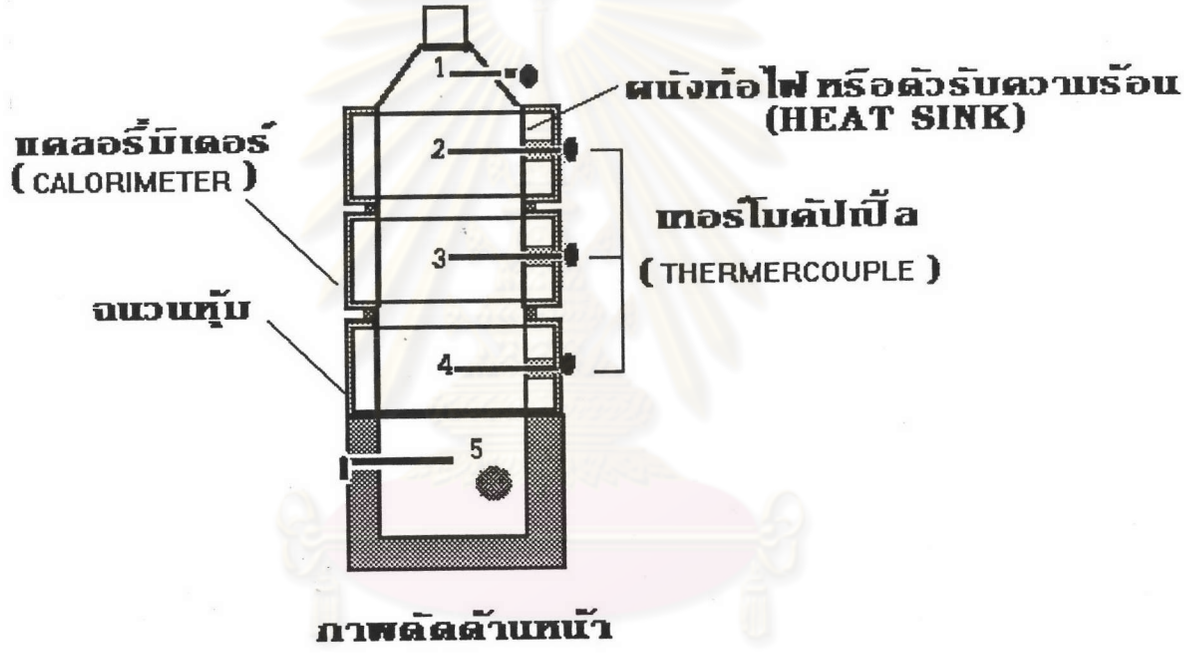
JB-35

	SPECIFICATIONS
Element	1.6, 2.2, 3.2 mm. CA (K), IC (J)
Protecting Tube ø	stainless-steel sus 304 ø9.5, ø12.7, ø15.9, ø22
Protecting Tube Length ℓ	300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200 mm.

รูปที่ (5.5) แสดงลักษณะโครงสร้างเทอร์โมคัปเปิ้ลรุ่น JB-35

ตำแหน่งที่ 4,3,2 จะวัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนในท่อไฟ ซึ่งจะใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเครุ่น JB-35 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.9 ม.ม. และขนาดความยาวปลอก 200 ม.ม. วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 1050 องศาเซนเซียส โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิ้ลรุ่นนี้ ดังแสดงในรูปที่ (5.5) เช่นเดียวกัน

ตำแหน่งที่ 1 วัดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียในปล่องไฟจะใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเครุ่น JB-35 เดียวกันแต่มีขนาดความยาวปลอก 150 ม.ม.

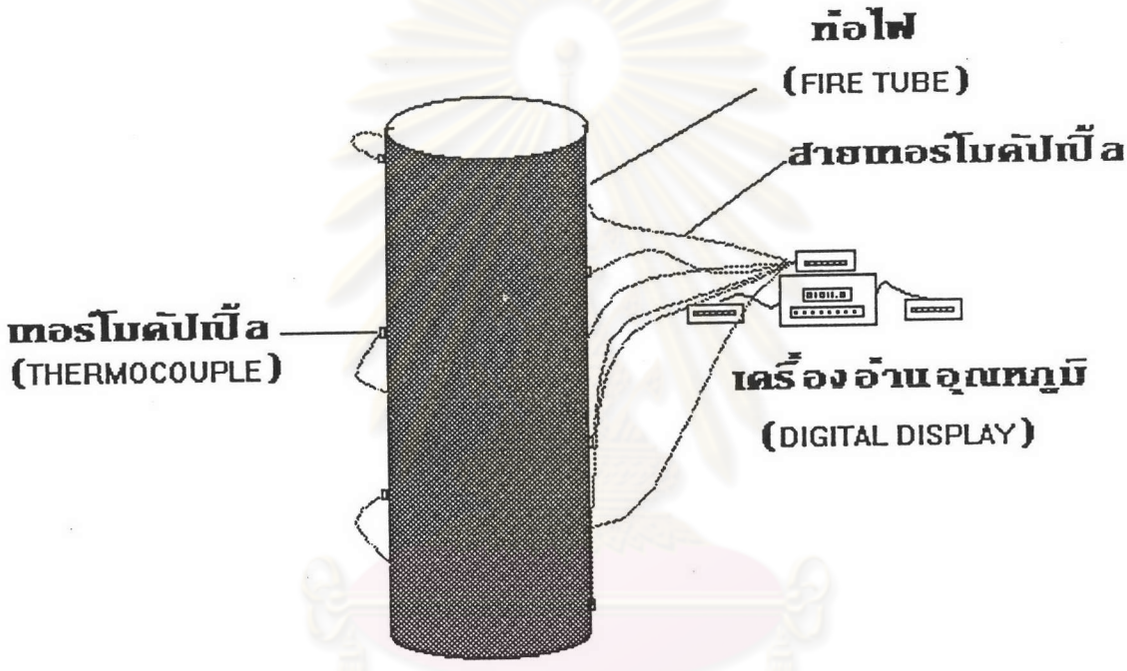


รูปที่ (5.6) แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของก๊าซร้อนในระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

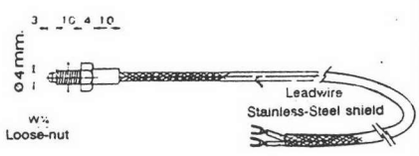
2 อุณหภูมิของผนังท่อไฟ

T_c คืออุณหภูมิของผนังท่อไฟ หรืออุณหภูมิของตัวรับความร้อนที่ตำแหน่งต่าง ๆ โดยจะทำการฝังเทอร์โมคัปเปิ้ลที่กึ่งกลาง ความหนาของผนังท่อไฟตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิของผนังท่อไฟดังแสดงใน รูปที่ (5.7)



รูปที่ (5.7) แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของผนังท่อไฟ

เทอร์โมคัปเปิ้ลที่ใช้เป็นชนิดรุ่น JBS-3310 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ม.ม. โดยวัดอุณหภูมิได้สูงสุด 400 องศาเซนเซียส โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดนี้ดังแสดงในรูปที่ (5.8)



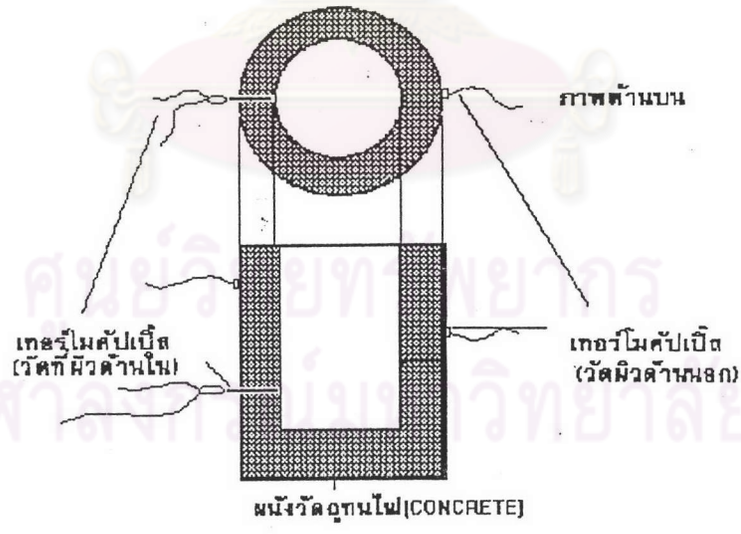
Element ø	0.65 mm. CA (K), IC (J)
Screw size	W 1/4" stainless
Lead wire - Length	1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, stainless shield insulation lead wire

JBS-3310 Unit m.m

รูปที่ (5.8) แสดงลักษณะโครงสร้างเทอร์โมคัปเปิ้ลรุ่น JBS-3310

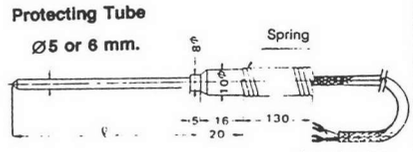
3 อุณหภูมิของผนังด้านในและด้านนอกของผนังวัตถุทนไฟ

อุณหภูมิของผนังด้านในของวัตถุทนไฟจะใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลรุ่น JB-10 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 ม.ม. และความยาวปลอก 100 ม.ม. วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 400 องศาเซนเซียส การวัดจะทำได้โดยจะเจาะผนังวัตถุทนไฟไปถึงตำแหน่งที่ต้องการวัดหลังจากนั้นก็สอดเทอร์โมคัปเปิ้ลเข้าไปรูปแสดงตำแหน่งที่วัดดังแสดงในรูปที่ (5.9)



รูปที่ (5.9) แสดงตำแหน่งวัดอุณหภูมิด้านในและด้านนอกของผนังวัตถุทนไฟ

สำหรับโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิ้ลรุ่น JB-10 แสดงในรูปที่ (5.10)



JB-10, RB-10

Element ø	SPECIFICATIONS 0.65 mm. CA (K), IC (J), (JB-10) PT-100 (RB-10)
Protecting Tube ø	stainless ø 5 or 6 mm.
Protecting Tube ℓ	65, 100, 200, 300, 400, 500 mm.
Lead wire - Length	1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, Fiberglass insulation lead wire

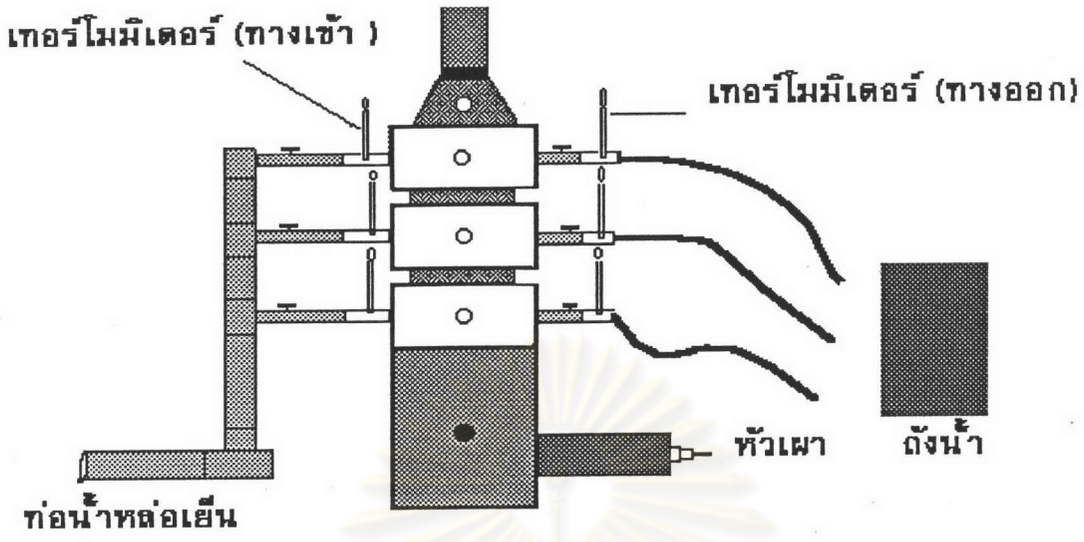
รูปที่ (5.10)แสดงลักษณะโครงสร้างเทอร์โมคัปเปิ้ลรุ่น JB-10

สำหรับอุณหภูมิของผนังด้านนอกที่ตำแหน่งต่างๆ ทำได้โดยฝังเทอร์โมคัปเปิ้ลรุ่น JB-3310 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ม.ม. และวัดอุณหภูมิสูงสุดได้ 400 องศาเซนเซียส การวัดทำได้โดยฝังเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดนี้ลงที่ผนังของผนังวัตถุทนไฟที่ตำแหน่งต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ (5.9)เช่นกัน

เมื่อนำอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของผนังจะนำมาหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยก็จะได้อุณหภูมิของผนังที่แท้จริง

5 อุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าและทางออกจากแคลอรี่มิเตอร์

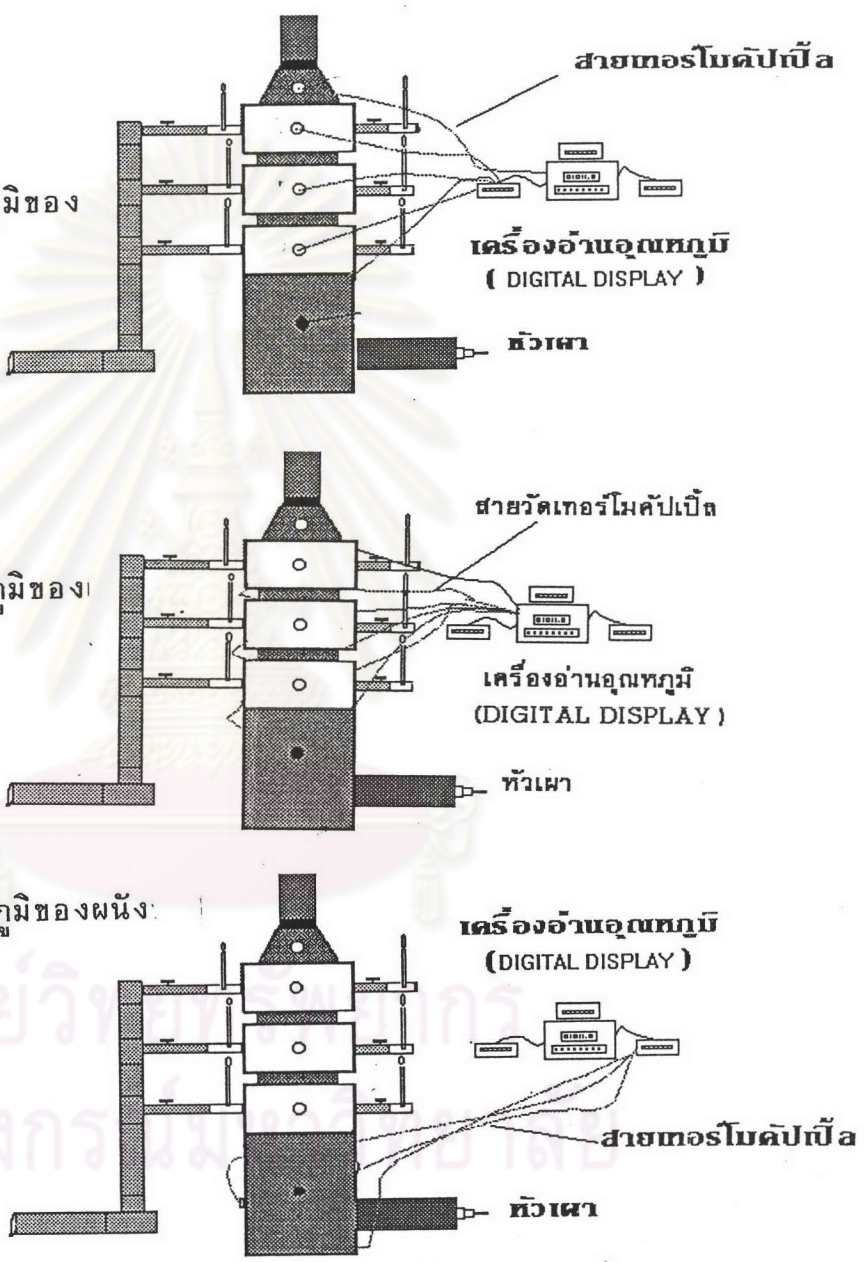
อุณหภูมิของน้ำที่ทางเข้าและออกจากแคลอรี่มิเตอร์ จะใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปรอทในการวัดอุณหภูมิ ตำแหน่งที่ทำการวัดดังแสดงในรูปที่ (5.11)



รูปที่ (5.11) แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับระบบการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆของเครื่องมือทดลองดังแสดงในรูปที่ 5.12



รูปที่ (5.12) แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ที่ต่อเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เครื่องชั่งน้ำหนัก

เครื่องชั่งน้ำหนักมีไว้สำหรับชั่งน้ำหนักของน้ำที่ใช้หล่อเย็น และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ในระบบ เมื่อนำน้ำหนักที่ชั่งได้ไปหารด้วยระยะเวลาที่ใช้ไปก็จะได้อัตราการไหลต่อหนึ่งหน่วยเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย